تقييم تغير الغطاء النباتي في حوض وادي أم الصفار – جبل نفوسه–ليبيا بين عامي ١٩٩٠ ـ ٢٠٢٠باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS

أ.د. عبد الحكيم إمحمد خماج* أ. السيفاو سعيد يوسف كاكح**

تاريخ التقديم: 2026/05/08 تاريخ القبول: 2026/06/04 تاريخ النشر: 2026/06/30

المستخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التغير المكاني والزماني في الغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار الواقع في شمال غرب ليبيا، وذلك باستخدام مؤشر الفرق النباتي المعياري **NDVI** وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. اعتمدت الدراسة على تحليل خريطتي NDVI لعامي **1990**، **2020** بهدف الكشف عن توزيع الغطاء النباتي وتحديد مناطق التحسن أو الضعف النسبي داخل الحوض. ويعد مؤشر NDVI من أكثر المؤشرات الطيفية استخدامًا في رصد الغطاء النباتي، لأنه يعتمد على الفرق بين الانعكاس في النطاق الأحمر والنطاق القريب من الأشعة تحت الحمراء. **(Rouse et al., 1974; Tucker, 1979)**

أظهرت النتائج وجود تباين مكاني واضح في الغطاء النباتي داخل الحوض، حيث تتركز القيم الأعلى نسبيًا في بعض الأجزاء الشمالية والوسطى وبالقرب من المجاري، بينما تسود القيم المنخفضة في مساحات واسعة من الحوض. كما بينت المقارنة بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ حدوث تغيرات مكانية في توزيع الغطاء النباتي، مع وجود تحسن نسبي في بعض المناطق واستمرار ضعف الغطاء النباتي في مناطق أخرى. وتؤكد الدراسة أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في مراقبة الغطاء النباتي ودعم التخطيط البيئي، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة. **(Jensen, 2015; Lillesand et al., 2015)**

الكلمات المفتاحية :الغطاء النباتي، حوض وادي أم الصفار، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، التغير البيئي.

Abstract

This study aims to assess the spatial and temporal changes in vegetation cover within the Umm Al-Saffar Valley basin in northwestern Libya using the Normalized Difference Vegetation Index **NDVI**, Geographic Information Systems **GIS**, and remote sensing techniques. The study relied on NDVI maps for the years **1990** and **2020** to identify

* عضو هيئة تدريس قسم الجغرافيا . مدرسة العلوم الإنسانية . الأكاديمية الليبية، Abdulhakim.Khmag@academy.edu.ly

** طالب دكتوراه قسم الجغرافيا . مدرسة العلوم الإنسانية . الأكاديمية الليبية، sifawkakeh@gmail.com

variations in vegetation density and spatial distribution within the basin. NDVI is widely used in vegetation monitoring because it is based on the relationship between red and near-infrared reflectance **(Rouse et al., 1974; Tucker, 1979)**.

The results revealed clear spatial variation in vegetation cover across the basin. Relatively higher NDVI values were observed in some northern and central parts of the basin and along certain drainage channels, while low NDVI values dominated large areas, indicating sparse vegetation, exposed soil, or rocky surfaces. The comparison between 1990 and 2020 showed noticeable spatial changes in vegetation distribution, with relative improvement in some areas and continued vegetation weakness in others. The study emphasizes the importance of GIS and remote sensing in monitoring vegetation cover and supporting environmental planning, particularly in arid and semi-arid environments **(Jensen, 2015; Lillesand et al, 2015)**.

Keywords: Environmental Change. Vegetation Cover. Remote Sensing Geographic Information Systems (GIS). Wadi Umm Al-Saffar Basin.

. المقدمة:

يعد الغطاء النباتي أحد المؤشرات البيئية المهمة التي تعكس حالة النظام البيئي، إذ يرتبط بعوامل متعددة مثل كمية الأمطار، نوع التربة، الرطوبة السطحية، الانحدار، وشدة النشاط البشري. وتزداد أهمية دراسة الغطاء النباتي في البيئات الجافة وشبه الجافة، لأن هذه البيئات تكون أكثر حساسية لتذبذب الأمطار والجفاف والرعي وتغير استعمالات الأرض.

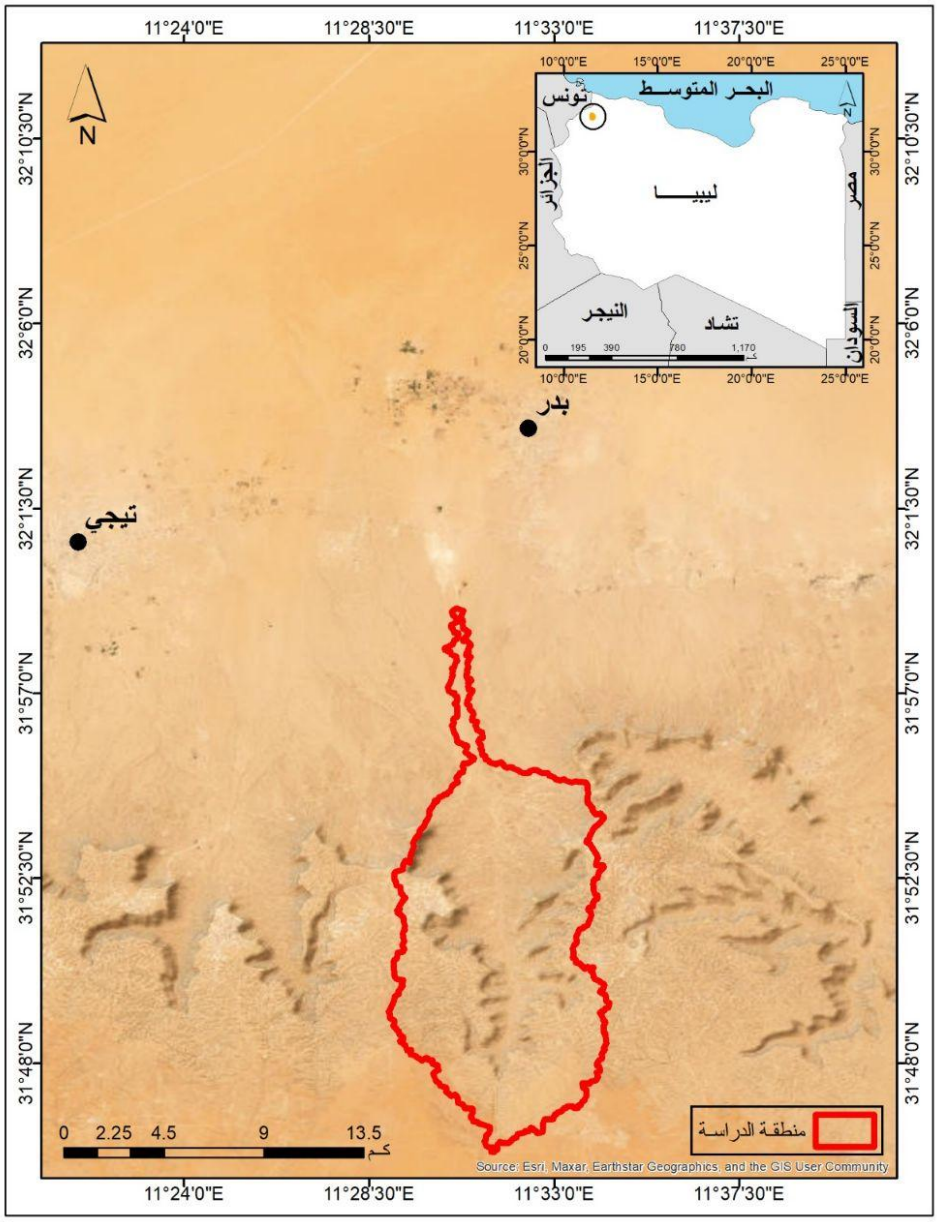
(Lillesand et al., 2015; Jensen, 2015)

وقد أسهمت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تطوير دراسة الغطاء النباتي، إذ توفر هذه التقنيات إمكانية مراقبة مساحات واسعة خلال فترات زمنية مختلفة، كما تساعد في إنتاج خرائط موضوعية توضح التغير المكاني والزماني في الغطاء النباتي (Jensen, 2015; Eastman, 2016). ويعد مؤشر الفرق النباتي المعياري NDVI من أكثر المؤشرات استخدامًا في هذا المجال، لأنه يميز بين المناطق ذات النشاط النباتي والمناطق ذات الغطاء النباتي الضعيف أو الأسطح المكشوفة، اعتمادًا على العلاقة بين الانعكاس الطيفي في النطاق الأحمر والنطاق القريب من الأشعة تحت الحمراء (Rouse et al., 1974; Tucker,1979)

وتأتي أهمية هذه الدراسة من كونها تركز على حوض وادي أم الصفار في شمال غرب ليبيا، وهو حوض يقع ضمن بيئة شبه جافة تتأثر بالتغيرات المناخية والخصائص الطبوغرافية والأنشطة البشرية. لذلك فإن تحليل الغطاء النباتي بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ باستخدام مؤشر NDVI

يساعد في فهم طبيعة التغير البيئي داخل الحوض وتحديد المناطق التي شهدت تحسنًا أو ضعفًا في الغطاء النباتي.

الشكل (١): موقع حوض وادي أم الصفار في شمال غرب ليبيا.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS

. مشكلة الدراسة: تتمثل مشكلة الدراسة في الحاجة إلى تقييم حالة الغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار، ومعرفة مدى تغيره خلال الفترة الممتدة بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠. وتعد دراسة

تغير الغطاء النباتي مهمة في المناطق الجافة وشبه الجافة، لأن الغطاء النباتي فيها يتأثر بسرعة بتذبذب الأمطار، والجفاف، والرعي، وتغير استعمالات الأرض.
(Lillesand et al., 2015; Jensen, 2015)

وعلى الرغم من أهمية حوض وادي أم الصفار من الناحية البيئية والجيومورفولوجية، إلا أن الدراسات التي تناولت التغير الزمني للغطاء النباتي فيه باستخدام مؤشر NDVI وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية لا تزال محدودة. لذلك تسعى هذه الدراسة إلى الإجابة عن السؤال الرئيس الآتي:

ما طبيعة التغير المكاني والزماني في الغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ اعتمادًا على مؤشر NDVI وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية؟

وتتفرع عن هذا السؤال الأسئلة الآتية

١. ما توزيع الغطاء النباتي في حوض وادي أم الصفار بين عامي ١٩٩٠ وعام ٢٠٢٠م؟
٢. ما أوجه الاختلاف بين خريطتي NDVI لعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠؟
٣. ما دلالة القيم المرتفعة والمنخفضة لمؤشر NDVI داخل الحوض؟
٤. كيف تساعد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في تحليل تغير الغطاء النباتي؟

.أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

١. تحليل التوزيع المكاني للغطاء النباتي في حوض وادي أم الصفار بين عام ١٩٩٠ وعام ٢٠٢٠م؟
٢. تحليل التوزيع المكاني للغطاء النباتي في حوض وادي أم الصفار لعام ٢٠٢٠ .
٣. مقارنة التغير في الغطاء النباتي بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ .
٤. توظيف مؤشر NDVI في تقييم كثافة الغطاء النباتي داخل الحوض .
٥. تفسير دلالة قيم NDVI المرتفعة والمنخفضة داخل منطقة الدراسة .
٦. إبراز دور نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في مراقبة التغيرات البيئية.

.أهمية الدراسة:

تنبع أهمية هذه الدراسة من أنها تقدم تحليلًا مكانيًا وزمانيًا للغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار، اعتمادًا على مؤشر NDVI وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. وتساعد هذه الدراسة في فهم حالة الغطاء النباتي واتجاهات تغيره خلال مدة زمنية طويلة، وهو ما يمثل أساسًا مهمًا للدراسات البيئية وإدارة الموارد الطبيعية (Jensen, 2015; Lillesand et al., 2015).

كما تكمن الأهمية التطبيقية للدراسة في تحديد المناطق التي شهدت تحسنًا نسبيًا في الغطاء النباتي، والمناطق التي تعاني من ضعف أو تدهور نباتي. ويمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة في التخطيط البيئي، ومكافحة التصحر، وإدارة المراعي، وحماية التربة من التعرية، خاصة أن الغطاء النباتي يلعب دورًا مهمًا في تقليل الجريان السطحي والتعرية المائية في البيئات الجافة وشبه الجافة (Eastman, 2016).

منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي أم الصفار في شمال غرب ليبيا بالقرب من الحدود الليبية التونسية، ضمن نطاق إحداثي تقريبي يمتد بين 11°27′E و١١°٣٧′٣٠ E″شرقًا، وبين 31°48′N و٣١°٥٨′٣٠ N″شمالًا. تبلغ مساحة الحوض حوالي 111.71734كم²، ويصل طوله إلى نحو 25.5كم، بينما يبلغ محيطه حوالي 70.660332كم، وذلك حسب نتائج التحليل المكاني للحوض.

تتميز منطقة الدراسة ببيئة شبه جافة، حيث يتأثر الغطاء النباتي بدرجة كبيرة بكمية الأمطار الموسمية، وطبيعة السطح، والانحدار، ونوع التربة. كما أن امتداد الحوض الطولي وتنوع تضاريسه يؤديان إلى اختلاف توزيع الغطاء النباتي بين الأجزاء العليا والوسطى والدنيا من الحوض. وتعد هذه العوامل من المؤثرات الرئيسة في توزيع الغطاء النباتي في البيئات الجافة وشبه الجافة (Lillesand et al., 2015; Jensen, 2015)

. منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وذلك من خلال تحليل مؤشر الفرق النباتي المعياري NDVIلعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠. ويعد مؤشر NDVI من المؤشرات الطيفية الشائعة في تقييم حالة الغطاء النباتي وكثافته، لأنه يعتمد على الفرق بين الانعكاس في النطاق الأحمر والنطاق القريب من الأشعة تحت الحمراء (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979).

يحسب مؤشر NDVI وفق المعادلة الآتية:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

حيث إن:

- NIR: الانعكاس في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة .
- Red: الانعكاس في النطاق الأحمر .

وتدل القيم المرتفعة لمؤشر NDVI عادةً على وجود غطاء نباتي أكثر كثافة أو نشاطًا، في حين تشير القيم المنخفضة إلى ضعف الغطاء النباتي أو وجود تربة مكشوفة أو أسطح صخرية أو مناطق قليلة الرطوبة (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979; Jensen, 2015).

وقد تم تنفيذ الدراسة وفق الخطوات الآتية:

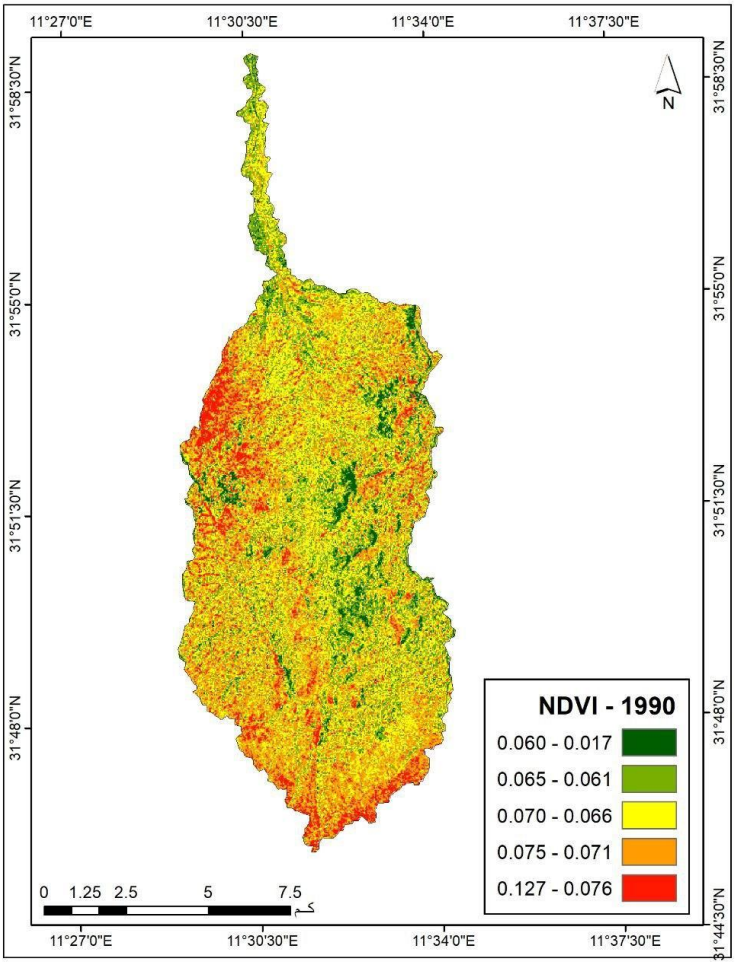
١. الحصول على المرئيات الفضائية من القمر الصناعي Landsat5 (LT05) الخاصة بمنطقة الدراسة لعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ .
٢. إجراء المعالجة الأولية للمرئيات الفضائية .
٣. قص المرئيات حسب حدود حوض وادي أم الصفار .
٤. حساب مؤشر NDVI لكل سنة .
٥. تصنيف قيم NDVI إلى فئات مكانية .
٦. إنتاج خريطتي NDVI لعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ .
٧. مقارنة التوزيع المكاني للغطاء النباتي بين السنتين .
٨. تفسير النتائج في ضوء الخصائص البيئية والطبوغرافية للحوض.

"تحليل التباين المكاني والزمني للغطاء النباتي بحوض وادي أم الصفار (١٩٩٠-٢٠٢٠م).

. تحليل الغطاء النباتي عام ١٩٩٠

توضح خريطة مؤشر NDVI لعام ١٩٩٠ التوزيع المكاني للغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار. ويعد استخدام خرائط NDVI من الأساليب المهمة في دراسة الغطاء النباتي، لأنها تتيح التمييز بين المناطق ذات النشاط النباتي النسبي والمناطق ذات الغطاء النباتي الضعيف أو الأسطح المكشوفة (Tucker, 1979; Lillesand et al., 2015).

الشكل (٢): توزيع مؤشر NDVI في حوض وادي أم الصفار لعام ١٩٩٠



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادًا على المرئيات الفضائية ومخرجات برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS.

يتضح من الشكل (٢) أن قيم NDVI لعام ١٩٩٠ تتوزع بصورة غير منتظمة داخل الحوض، حيث تظهر بعض القيم الأعلى نسبيًا في أجزاء محددة، بينما تنتشر القيم المنخفضة في مساحات واسعة. وتشير القيم المنخفضة إلى ضعف الغطاء النباتي أو سيادة التربة المكشوفة والأسطح الصخرية، وهو نمط شائع في البيئات الجافة وشبه الجافة (Jensen, 2015; Lillesand et al., 2015).

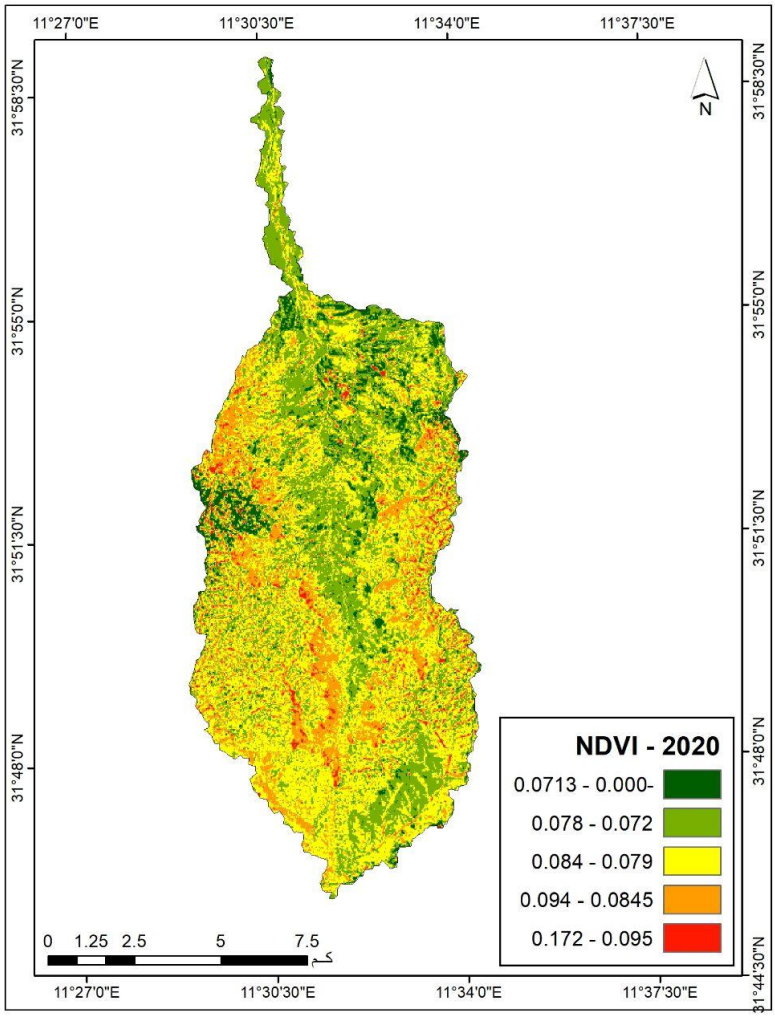
كما تظهر بعض المناطق ذات القيم الأعلى نسبيًا في الأجزاء الشمالية والوسطى من الحوض، وقد يرتبط ذلك بوجود رطوبة سطحية أفضل أو قرب هذه المناطق من المجاري المائية ومناطق تجمع الجريان السطحي. وتعد المناطق القريبة من المجاري أكثر قابلية لظهور نشاط نباتي نسبي نتيجة توفر الرطوبة مقارنة بالمناطق المرتفعة أو المكشوفة.

(Tucker, 1979; Eastman, 2016).

. تحليل الغطاء النباتي عام ٢٠٢٠

توضح خريطة NDVI لعام ٢٠٢٠ حالة الغطاء النباتي داخل الحوض بعد مرور ثلاثين عامًا من تاريخ الخريطة الأولى. وتساعد المقارنة بين خرائط NDVI متعددة التواريخ في الكشف عن التغيرات المكانية والزمانية في الغطاء النباتي، وتحديد مناطق التحسن أو التدهور النسبي.
(Tucker, 1979; Eastman, 2016).

الشكل (٣): توزيع مؤشر NDVI في حوض وادي أم الصفار لعام ٢٠٢٠



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادًا على المرئيات الفضائية ومخرجات برنامج نظم المعلومات الجغرافيةGIS

يتضح من الشكل (٣) أن توزيع الغطاء النباتي عام ٢٠٢٠ لا يتسم بالتجانس، بل يظهر على هيئة فئات متباينة داخل الحوض. وتظهر بعض القيم الأعلى نسبيًا في الأجزاء الشمالية والوسطى وبعض المناطق المرتبطة بالمجاري، بينما تستمر القيم المنخفضة في أجزاء أخرى من الحوض. ويمكن تفسير هذا التباين بتأثير العوامل الطبيعية مثل التضاريس، والانحدار، والرطوبة، وشبكة التصريف، إضافة إلى العوامل البشرية مثل الرعي وتغير استعمالات الأرض.
(Lillesand et al., 2015; Jensen, 2015).

وتشير القيم المنخفضة في أجزاء واسعة من الحوض إلى أن الغطاء النباتي لا يزال ضعيفًا أو متناثرًا، وهو ما يتفق مع طبيعة البيئات الجافة وشبه الجافة التي تكون فيها كثافة الغطاء النباتي محدودة وموسمية في كثير من الأحيان .(Jensen, 2015)

. المقارنة بين الغطاء النباتي عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠

تشير المقارنة بين خريطتي NDVI لعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ إلى حدوث تغير مكاني واضح في توزيع الغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار. وتعد المقارنة الزمنية باستخدام مؤشرات الغطاء النباتي من الطرق الفعالة في مراقبة التغير البيئي، لأنها تسمح بتحديد مناطق التحسن أو التدهور النسبي خلال فترات زمنية مختلفة .(Tucker, 1979; Eastman, 2016)

وقد أظهرت النتائج وجود مناطق شهدت تحسنًا نسبيًا في قيم NDVI عام ٢٠٢٠ مقارنة بعام ١٩٩٠، خاصة في بعض الأجزاء الشمالية والوسطى من الحوض. وقد يرتبط هذا التحسن بتغير ظروف الرطوبة السطحية، أو اختلاف كمية الأمطار في سنة التصوير، أو تغير استعمالات الأرض. في المقابل، استمرت مناطق أخرى في تسجيل قيم منخفضة، وهو ما يدل على ضعف الغطاء النباتي أو سيادة الأسطح المكشوفة والتربة العارية. وتؤثر هذه العوامل مباشرة في نشاط الغطاء النباتي وكثافته .(Jensen, 2015; Lillesand et al., 2015)

. دلالة فئات مؤشر NDVI في منطقة الدراسة:

تدل القيم المنخفضة لمؤشر NDVI عادةً على ضعف الغطاء النباتي أو وجود تربة مكشوفة أو أسطح صخرية، بينما تشير القيم الأعلى إلى وجود نشاط نباتي أفضل نسبيًا. ومع ذلك، فإن تفسير قيم NDVI يجب أن يتم وفقًا لطبيعة البيئة المحلية، لأن القيم في المناطق الجافة وشبه الجافة تكون غالبًا أقل من القيم المسجلة في المناطق الرطبة أو كثيفة الغطاء النباتي.
(Tucker, 1979; Lillesand et al., 2015).

جدول (١): الدلالة البيئية لفئات مؤشر NDVI في حوض وادي أم الصفار

فئةNDVI	الدلالة البيئية
قيم منخفضة جدًا	أراضٍ عارية، صخور، أو تربة مكشوفة
قيم منخفضة	غطاء نباتي ضعيف جدًا أو متناثر
قيم متوسطة	غطاء نباتي موسمي أو متوسط الكثافة
قيم مرتفعة نسبيًا	مناطق ذات رطوبة أفضل أو نشاط نباتي أوضح

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادًا على تفسير قيم NDVI وفقًا لأدبيات الاستشعار عن بعد (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979; Jensen, 2015)

ويجب الإشارة إلى أن القيم الظاهرة في خريطتي NDVI لعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ تبدو منخفضة نسبيًا، وهذا يتفق مع طبيعة منطقة الدراسة شبه الجافة، حيث يكون الغطاء النباتي محدودًا وموسميًا، وقد يتأثر بشدة بموعد التصوير الفضائي وكمية الأمطار السابقة للتصوير.

. العوامل المؤثرة في توزيع الغطاء النباتي

يتأثر الغطاء النباتي في حوض وادي أم الصفار بعدة عوامل طبيعية وبشرية، من أهمها كمية الأمطار، طبيعة التربة، التضاريس، الانحدار، شبكة التصريف، والرعي. وتؤثر هذه العوامل في توزيع الرطوبة السطحية، ومن ثم في كثافة الغطاء النباتي ونشاطه (Jensen, 2015; Lillesand et al., 2015).

كما أن المناطق القريبة من المجاري أو المنخفضات قد تسجل قيم NDVI أعلى نسبيًا بسبب تجمع الرطوبة ومياه الجريان السطحي، في حين تنخفض القيم في المناطق الصخرية أو المكشوفة أو شديدة الجفاف. (Tucker, 1979; Eastman, 2016)

ويمكن تفسير التباين المكاني في الغطاء النباتي داخل الحوض من خلال النقاط الآتية:

١. الأمطار:

تعد الأمطار العامل الرئيس في نمو النباتات في البيئات الجافة وشبه الجافة، ويؤدي تذبذبها إلى تغير واضح في قيم NDVI بين السنوات المختلفة (Lillesand et al., 2015).

٢. التضاريس والانحدار:

تؤثر التضاريس في توزيع المياه والرطوبة، حيث قد تحتفظ بعض المناطق المنخفضة أو القريبة من المجاري بكمية أكبر من المياه مقارنة بالمناطق المرتفعة أو شديدة الانحدار (Jensen, 2015).

٣. شبكة التصريف:

قد تسجل المناطق القريبة من المجاري قيم NDVI أعلى نسبيًا نتيجة تجمع مياه الجريان السطحي وزيادة الرطوبة في التربة (Tucker, 1979).

٤. نوع التربة:

تختلف قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه، وهو ما ينعكس مباشرة على كثافة الغطاء النباتي .

٥. النشاط البشري:

قد يؤدي الرعي الجائر، وقطع النباتات، وتغير استعمالات الأرض إلى تراجع الغطاء النباتي في بعض أجزاء الحوض (Eastman, 2016)

نتائج الدراسة:

١. التباين المكاني للغطاء: أظهرت النتائج وجود تباين مكاني واضح في توزيع الغطاء النباتي داخل الحوض؛ حيث تتركز القيم الأعلى لمؤشر NDVI في الأجزاء الشمالية والوسطى وبالقرب من المجاري المائية ومناطق تجمع الجريان السطحي.

٢. سيادة الغطاء الضعيف: تسود القيم المنخفضة لمؤشر NDVI في مساحات واسعة من الحوض، مما يشير إلى أن الغطاء النباتي لا يزال ضعيفاً أو متناثراً، مع انتشار التربة المكشوفة والأسطح الصخرية.

٣. التغير الزمني (١٩٩٠–٢٠٢٠): كشفت المقارنة بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ عن حدوث تغيرات مكانية ملحوظة؛ حيث شهدت بعض المناطق تحسناً نسبياً في كثافة الغطاء النباتي، بينما استمر الضعف في مناطق أخرى.

٤. العوامل المؤثرة: تبيّن أن توزيع الغطاء النباتي يتأثر بشكل رئيسي بتذبذب الأمطار، وطبيعة التضاريس والانحدار، بالإضافة إلى الأنشطة البشرية مثل الرعي وتغير استعمالات الأرض.

٥. دور التقنيات الحديثة: أثبتت الدراسة فاعلية استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد كأدوات أساسية لمراقبة التغيرات البيئية ودعم التخطيط في المناطق الجافة وشبه الجافة

الخاتمة:

خلصت الدراسة إلى أن استخدام مؤشر NDVI وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد يمثل أسلوبًا فعالًا في تحليل الغطاء النباتي ومراقبة تغيراته المكانية والزمانية. فقد أظهرت خرائط NDVI لعامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ وجود تباين واضح في توزيع الغطاء النباتي داخل حوض وادي أم الصفار، وهو ما يؤكد أهمية المؤشرات الطيفية في الدراسات البيئية، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979; Jensen, 2015).

كما بينت النتائج أن القيم الأعلى نسبيًا لمؤشر NDVI تتركز في مناطق محددة، خاصة بالقرب من بعض المجاري والأجزاء الشمالية والوسطى من الحوض، بينما تنتشر القيم المنخفضة في أجزاء واسعة من منطقة الدراسة. ويعكس ذلك ضعف الغطاء النباتي العام داخل الحوض، مع وجود تحسن نسبي في بعض المواقع بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠.

وتؤكد الدراسة أن نظم المعلومات الجغرافية توفر بيئة مناسبة لتحليل المرئيات الفضائية وإنتاج خرائط موضوعية تساعد في دعم التخطيط البيئي وإدارة الموارد الطبيعية، خاصة في المناطق المعرضة للجفاف والتصحر والتعرية (Eastman, 2016; Lillesand et al., 2015).

. التوصيات:

توصي الدراسة بما يأتي:

١. إجراء تحليل زمني أوسع يشمل سنوات متعددة بدل الاعتماد على سنتين فقط.
٢. ربط نتائج NDVI ببيانات الأمطار السنوية لمعرفة أثر التغير المطري على الغطاء النباتي.
٣. إنتاج خريطة فرق NDVI بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٠ لتحديد مناطق التحسن والتدهور بدقة.
٤. دراسة العلاقة بين الغطاء النباتي والانحدار والتضاريس وشبكة التصريف.
٥. مراقبة مناطق التدهور النباتي ووضع خطط للحد من الرعي الجائر والتعرية.
٦. استخدام مرئيات فضائية عالية الدقة لتحسين دقة تصنيف الغطاء النباتي.
٧. دعم الدراسات المستقبلية ببيانات ميدانية للتحقق من دقة نتائج NDVI.

قائمة المراجع:

1. Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Third Earth Resources Technology Satellite Symposium, NASA SP-351*, 309–317.
2. Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150.
3. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2015). Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley.
4. Jensen, J. R. (2015). Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Pearson.
5. Eastman, J. R. (2016). TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling *System Manual*. Clark Labs, Clark University